

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2 月 3 日 —

物 理 }
化 学 } この中から 1 科目を選択して解答しなさい。
生 物 }

科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1 ~ 7
化 学	9 ~ 18
生 物	20 ~ 34

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

解答に必要ながあれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, K = 39.1, Br = 79.9, Cr = 52.0, Mn = 54.9,

気体定数：R = $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$

1

遷移金属に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 金の単体は化学的安定性が高く、装飾品や貨幣として使用されている。金の単体は面心立方格子の結晶をつくる。金の単体の密度を d [g/cm^3]、金の原子半径を r [cm]、アボガドロ定数を N_A [$1/\text{mol}$] として、金のモル質量 [g/mol] を表す式を、解答欄に書きなさい。ただし、結晶中の隣り合う金原子は互いに接している球であるとする。

問2 クロムやマンガンは様々な酸化数を取り、それらの化合物は酸化剤として用いられる。次のア～ウの酸化剤を用いて、カッコ内に示した pH 条件の水溶液中で、シュウ酸 1.0 g を酸化した。要した酸化剤の質量を大きい順に並べたものはどれか。A～Fの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

ア. KMnO_4 (硫酸酸性) イ. KMnO_4 (中性) ウ. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (硫酸酸性)

A. ア > イ > ウ B. ア > ウ > イ C. イ > ア > ウ
D. イ > ウ > ア E. ウ > ア > イ F. ウ > イ > ア

問3 遷移金属イオンを含む水溶液に、塩基の水溶液を加えたときの(a)～(c)の記述の中で、正しいものはどれか。A～Hの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (a) Fe^{3+} を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色の沈殿が生じ、過剰に加えてもその沈殿は溶解しない。
- (b) Cu^{2+} を含む水溶液にアンモニア水を加えると青白色の沈殿が生じるが、過剰に加えるとその沈殿が溶解する。
- (c) Ag^+ を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると褐色沈殿が生じるが、過剰に加えるとその沈殿が溶解する。

A. (a)のみ。 B. (b)のみ。 C. (c)のみ。
D. (a)と(b)のみ。 E. (a)と(c)のみ。 F. (b)と(c)のみ。
G. (a), (b), (c)すべて正しい。 H. (a), (b), (c)すべて正しくない。

問4 硫化水素は遷移金属イオンと沈殿反応や酸化還元反応を示すため、遷移金属イオンの分離や確認に用いられる。硫化水素と遷移金属イオンの反応に関するA～Eの記述の中で、正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. Mn^{2+} を含む中性の水溶液に硫化水素を通じると、黒色の MnS が沈殿する。
- B. Fe^{3+} を含む中性の水溶液に硫化水素を通じると、黒色の FeS が沈殿する。
- C. Fe^{2+} を含む酸性の水溶液に硫化水素を通じると、黒色の FeS が沈殿する。
- D. Ag^+ を含む酸性の水溶液に硫化水素を通じても、沈殿は形成しない。
- E. Cu^{2+} を含む酸性の水溶液に硫化水素を通じても、沈殿は形成しない。

問5 ニッケルは様々な合金の成分金属として用いられる。次の(a)～(d)の合金の中で、ニッケルを含む2つの組合せはどれか。A～Fの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

(a) ジュラルミン (b) 白銅 (c) 青銅 (d) 洋銀

- A. (a) と (b) B. (a) と (c) C. (a) と (d)
- D. (b) と (c) E. (b) と (d) F. (c) と (d)

2

硝酸の製法と性質に関する以下の文を読み、各問いに答えなさい。

硝酸は工業的には次のようにつくられる。

- (i) 白金を触媒として、アンモニアを空気中の酸素と反応させて一酸化窒素をつくる。
- (ii) 一酸化窒素を空気中の酸素で酸化して、二酸化窒素とする。
- (iii) 二酸化窒素を温水に吸収させて、硝酸とする。

(iii) で生成した一酸化窒素は、(ii) と (iii) を繰り返してすべて硝酸に変える。このような硝酸の工業的製法を (a) 法という。

硝酸は強い酸性を示すとともに強い酸化力がある。そのため、金属 (ア) を塩酸に加えても反応しないが、希硝酸に加えると気体 A を発生して溶ける。金属 (イ) は希硝酸に加えると溶けるが、濃硝酸に加えても溶けない。これは、金属表面に緻密な酸化皮膜を生じ、内部が保護されるためである。このような状態を (b) という。金属 (ウ) は、濃硝酸に溶けないが、濃塩酸と濃硝酸の体積比 3 : 1 の混合溶液には溶ける。

問 1 (i) の反応の反応式を解答欄に書きなさい。

問 2 空欄 (a) と (b) に当てはまる語句をそれぞれ解答欄に書きなさい。

問 3 この製法 (i) ~ (iii) で質量パーセント濃度 40.0 % の硝酸 (密度 1.25 g/cm^3) を 100 L つくるときに、反応で使われる酸素は標準状態で何 L か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. $1.8 \times 10^4 \text{ L}$ B. $3.6 \times 10^4 \text{ L}$ C. $4.5 \times 10^4 \text{ L}$
- D. $7.1 \times 10^4 \text{ L}$ E. $9.1 \times 10^4 \text{ L}$ F. $1.4 \times 10^5 \text{ L}$

問4 金属(ア)～(ウ)の元素記号の正しい組合せはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	金属(ア)	金属(イ)	金属(ウ)
A	Mg	Ag	Pt
B	Mg	Fe	Ag
C	Mg	Al	Au
D	Ni	Ag	Pt
E	Ni	Fe	Ag
F	Ni	Al	Au
G	Cu	Ag	Au
H	Cu	Fe	Pt
I	Cu	Al	Ag

問5 気体Aに関する(a)～(e)の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A～Fの中から最も適切な数を一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (a) 無色の気体である。
- (b) 水に溶けやすく下方置換で回収する。
- (c) 大気中に存在する環境汚染物質の一つである。
- (d) 空気中の窒素と酸素が高温で反応すると生じる。
- (e) 塩化アンモニウムに水酸化カルシウムの混合物を加熱すると生じる。

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5

3

次に掲げる生成熱や結合エネルギーなどの値を用いて、ハロゲンに関する以下の各問いに答えなさい。

表1 生成熱 [kJ/mol]

物質	生成熱
H ₂ (気)	0
O ₂ (気)	0
Cl ₂ (気)	0
Br ₂ (液)	0
K (固)	0
KCl (固)	437
KBr (固)	394
HClO (気)	77

表2 水への溶解熱 [kJ/mol]

物質	溶解熱
Cl ₂ (気)	23
Br ₂ (液)	3
KCl (固)	-17
KBr (固)	-20

表3 蒸発熱 [kJ/mol]

物質	蒸発熱
Br ₂ (液)	31

表4 昇華熱 [kJ/mol]

物質	昇華熱
K (固)	89

表5 イオン化エネルギー [kJ/mol]

原子	イオン化エネルギー
K	419

表6 電子親和力 [kJ/mol]

原子	電子親和力
Cl	349
Br	325

表7 結合エネルギー [kJ/mol]

分子	結合エネルギー
H-H	432
O=O	494
Cl-Cl	239
Br-Br	190

問1 臭化カリウム水溶液に塩素水を加えると、臭化物イオンが酸化されて臭素が生じる。得られた臭素が水に溶けている場合、この反応の熱化学方程式は



と表せる。熱量 Q は何 kJ か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. -108 kJ B. -72 kJ C. -36 kJ D. 36 kJ E. 72 kJ F. 108 kJ

問2 KCl 結晶ならびに KBr 結晶を、それらの構成イオンにまで分解する反応の熱化学方程式はそれぞれ



である。ここで Q_{KCl} [kJ] と Q_{KBr} [kJ] は、それぞれ KCl 結晶 1 mol を分解するのに必要な熱量と KBr 結晶 1 mol を分解するのに必要な熱量を表す。 Q_{KCl} と Q_{KBr} は、それぞれ各結晶の生成熱と、その成分元素の単体を原子に分解してイオンにするのに必要なエネルギーを合計して得られる。熱量の差 $Q_{\text{KCl}} - Q_{\text{KBr}}$ は何 kJ か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. -74 kJ B. -56 kJ C. -28 kJ D. 28 kJ E. 56 kJ F. 74 kJ

問3 塩素水中では、塩素の一部が水と反応して次亜塩素酸 HClO を生じる。HClO 分子は、原子同士が互いの不対電子を共有してできる単結合で結ばれた折れ線形の分子である。水中で次亜塩素酸が解離して生じる次亜塩素酸イオン ClO^- は強い酸化作用をもつ。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) HClO 分子の電子式を、解答欄に書きなさい。

(2) HClO 分子の結合エネルギーの合計は何 kJ/mol か。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 440 kJ/mol B. 550 kJ/mol C. 660 kJ/mol

- D. 770 kJ/mol E. 880 kJ/mol F. 990 kJ/mol

(3) 次亜塩素酸は塩素のオキシ酸の一種である。次亜塩素酸に関する A～D の記述の中で、正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

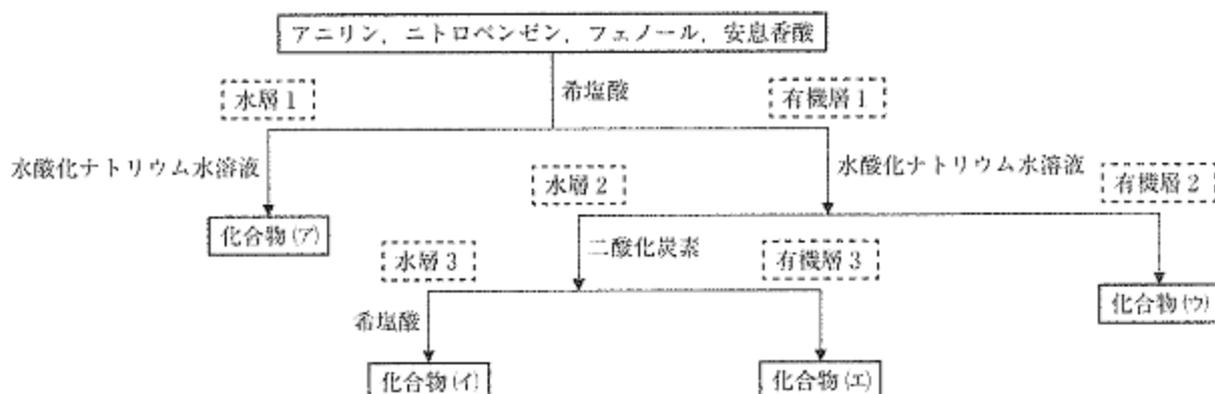
A. 塩素のオキシ酸の中で、塩素原子の酸化数が最低で、最も酸性が弱い。

B. 塩素のオキシ酸の中で、塩素原子の酸化数が最低で、最も酸性が強い。

C. 塩素のオキシ酸の中で、塩素原子の酸化数が最高で、最も酸性が弱い。

D. 塩素のオキシ酸の中で、塩素原子の酸化数が最高で、最も酸性が強い。

4 芳香族化合物の混合物は、水への溶けやすさの違いを利用することで分離することができる。以下のフローチャートに示した手順でアニリン、ニトロベンゼン、フェノール、安息香酸の混合物の分離を試みた。



芳香族化合物の分離に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 水層1に水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物(ア)が遊離した。化合物(ア)を冷やしながらか、塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させると、化合物(ウ)の水溶液が生成した。この水溶液を温めたところ、化合物(ア)~(エ)のいずれかが生成した。生成した化合物としてふさわしいものはどれか。A~Dの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 化合物(ア) B. 化合物(イ) C. 化合物(ウ) D. 化合物(エ)

問2 有機層2には化合物(ウ)が含まれる。次のA~Eの反応の中で、化合物(ウ)を合成する反応として正しいものはどれか。最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. ベンゼンを濃硫酸とともに加熱する。
 B. ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混酸を加えて60℃で反応させる。
 C. クロロベンゼンに水酸化ナトリウム水溶液を加えて高温・高圧で反応させた後、酸を加えて中和する。
 D. トルエンに過マンガン酸カリウムを作用させた後、酸を加えて中和する。
 E. アセトアニリドを水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱する。

問3 有機層3には化合物(エ)が含まれる。化合物(エ)の性質に関する(a)～(f)の記述の中で、正しいものはいくつあるか。A～Gの中から最も適切な数を一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- (a) 水溶液は中性である。
- (b) 水酸化ナトリウムと反応する。
- (c) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって呈色する。
- (d) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体を発生して溶解する。
- (e) さらし粉水溶液によって呈色する。
- (f) 酸化するとアルデヒドを生じる。

A. 0 B. 1 C. 2 D. 3 E. 4 F. 5 G. 6

問4 アニリン、ニトロベンゼン、フェノール、安息香酸に加えてトルエンを含む混合物をフローチャートに示した手順で分離しようと試みたところ、トルエンともう一つの化合物を分離することができず混合物(カ)が得られた。この混合物(カ)にある試薬を加えて反応させてから再度フローチャートに示した手順で分離をおこなったところ、2種類の化合物を分離することができた。

(b)

(1) 下線部(a)の反応はどれか。次のA～Eの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 鉄粉を触媒に用いて塩素を作用させる。
- B. 塩化アルミニウム(Ⅲ)を触媒に用いてプロペンを作用させる。
- C. 加熱・加圧条件下で二酸化炭素を作用させる。
- D. 無水酢酸を作用させる。
- E. スズと塩酸を作用させる。

(2) 下線部(b)の2種類の化合物は、フローチャートのどの層に含まれるか。次のA～Fの中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 水層1と水層3 B. 水層1と有機層2 C. 水層1と有機層3
- D. 水層3と有機層2 E. 水層3と有機層3 F. 有機層2と有機層3

5 有機化合物のハロゲン化物には塩化物、臭化物、ヨウ化物などがある。有機ハロゲン化物の合成と性質に関する以下の各問いに答えなさい。

問1 メタンと塩素の混合気体に光を当てると反応が起こり、クロロホルムが生成する。この反応に関するA～Dの記述の中で、正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、メタンに対して塩素は十分にあるものとする。

- A. この反応は、付加反応である。
- B. この反応は、光の作用で遊離基となった塩素原子が介在して進行する。
- C. この反応では、クロロホルムが生成する前後に合計で炭素原子を含む3種類のハロゲン化物が生じ、これらはいずれも常温で水に難溶な液体である。
- D. この反応では、反応したメタンの物質量に等しい物質量の塩化水素も生じる。

問2 アセトンの水溶液に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、黄色のヨードホルムが生じる。この反応はヨードホルム反応と呼ばれ、 $\text{CH}_3\text{CO}-$ や $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})-$ の構造をもつ有機化合物の検出に用いられる。アセトンとヨウ素と水酸化ナトリウムが反応して、ヨードホルムと酢酸ナトリウムとヨウ化ナトリウムと水が生成する反応の反応式を解答欄に書きなさい。

問3 臭素水にアルケンやアルキンを加えると、すみやかに脱色し、付加生成物が得られる。いま、臭素水にエチレンを通じて完全に脱色した。このとき、標準状態のエチレン 1.00 mL あたり何 mg の付加生成物が得られるか。有効数字2桁で解答欄に書きなさい。

問4 芳香族化合物と臭素との反応に関するA～Eの記述の中で、誤っているものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 芳香族化合物に臭素水を加えても、通常は反応は起こらない。
- B. フェノールに臭素水を加えると、すみやかに反応して、白色の生成物を生じる。
- C. ベンゼンに鉄粉を加えて臭素を反応させると、無色の付加生成物を生じる。
- D. トルエンに鉄粉を加えて臭素を反応させると、主に*o*-プロモトルエンと*p*-プロモトルエンが生成物として得られる。
- E. ブロモベンゼンに鉄粉を加えて臭素を反応させると、主に1,2-ジブロモベンゼンと1,4-ジブロモベンゼンが生成物として得られる。

問5 アセチレンに1分子の塩化水素を付加して生じる化合物に関するA～Eの記述の中で、誤っているものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. この化合物の分子は、すべての原子が同一平面上にある。
- B. この化合物は、1,2-ジクロロエタンから塩化水素を脱離することによっても得ることができる。
- C. この化合物が付加重合して得られるポリマーは、熱した銅線に触れさせた後、その銅線を炎の中に入れると、銅の青緑色の炎色を示す。
- D. この化合物が付加重合して得られるポリマーは、難燃性であり、ビニールシートやホースなどとして広く利用されている。
- E. この化合物が付加重合して得られるポリマーは、熱硬化性樹脂である。